

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 01 NOV 2004	
WIPO	PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 43 782.7

Anmeldetag: 22. September 2003

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von Bauteilen

IPC: B 22 F, F 01 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. September 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

P803330

1

Verfahren zur Herstellung von Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Gewicht, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer gerecht werden. In den letzten Jahrzehnten wurden insbesondere auf dem zivilen Sektor Flugtriebwerke entwickelt, die den obigen Anforderungen voll gerecht werden und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Bei der Entwicklung von Flugtriebwerken spielt unter anderem die Werkstoffauswahl, die Suche nach neuen, geeigneten Werkstoffen sowie die Suche nach neuen Fertigungsverfahren eine entscheidende Rolle.

15 Die wichtigsten, heutzutage für Flugtriebwerke oder sonstige Gasturbinen verwendeten Werkstoffe sind Titanlegierungen, Nickellegierungen (auch Superlegierungen genannt) und hochfeste Stähle. Die hochfesten Stähle werden für Wellenteile, Getriebeteile, Verdichtergehäuse und Turbinengehäuse verwendet. Titanlegierungen sind typische Werkstoffe für Verdichterteile. Nickellegierungen sind für die heißen
20 Teile des Flugtriebwerks geeignet.

Bei der Fertigung bzw. Herstellung von Präzisionsbauteilen aus metallischen oder auch keramischen Pulvern hat sich das pulvermetallurgische Spritzgießen bewährt. Das pulvermetallurgische Spritzgießen ist mit dem Kunststoffspritzguss verwandt
25 und wird auch als Metallform-Spritzen oder Metal Injection Moulding-Verfahren (MIM-Verfahren) bezeichnet. Mit dem pulvermetallurgischen Spritzgießen können Bauteile hergestellt werden, die fast die volle Dichte sowie ca. 95% der statischen Festigkeit von Schmiedeteilen erreichen. Die gegenüber Schmiedeteilen verringerte dynamische Festigkeit kann durch geeignete Werkstoffauswahl kompensiert werden.

30

Beim pulvermetallurgischen Spritzgießen wird nach dem Stand der Technik in groben Zügen so vorgegangen, dass in einem ersten Verfahrensschritt ein Pulver, vorzugsweise ein Metallpulver, Hartmetallpulver oder auch Keramikpulver, mit einem Bindemittel und gegebenenfalls einem Plastifizierer zu einer homogenen Masse vermischt

wird. Aus dieser homogenen Masse werden durch Spritzgießen Formkörper gefertigt. Die spritzgegossenen Formkörper besitzen bereits die geometrische Form des herzustellenden Bauteils, ihr Volumen ist jedoch um das Volumen des zugesetzten Bindemittels und Plastifizierungsmittels vergrößert. Den spritzgegossenen Formkörpern wird in einem Entbinderungsprozess das Bindemittel sowie Plastifizierungsmittel entzogen. Daraufgehend wird während des Sinterns der Formkörper zum fertigen Bauteil verdichtet bzw. geschrumpft. Während des Sinterns verkleinert sich das Volumen des Formkörpers, wobei entscheidend ist, dass die Dimensionen des Formteils in allen drei Raumrichtungen gleichmäßig schwinden müssen. Der Volumenschwund beträgt abhängig vom Bindemittel- und Plastifizierungsmittelgehalt zwischen 30% und 60%.

Nach dem Stand der Technik wird beim pulvermetallurgischen Spritzgießen üblicherweise so vorgegangen, dass jeder Formkörper für sich dem Entbinderungsprozess unterzogen und daraufgehend für sich gesintert wird. Gegebenfalls werden erst nach dem eigentlichen pulvermetallurgischen Spritzgießen mehrere durch pulvermetallurgisches Spritzgießen hergestellte Bauteile über geeignete Fügeverfahren miteinander verbunden. Mit den aus dem Stand der Technik bekannten pulvermetallurgischen Spritzgießverfahren ist demnach die Herstellung von Bauteilen mit einer komplexen, dreidimensionalen Gestalt nur in beschränktem Umfang möglich.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß werden zur Herstellung eines Bauteils mehrere Formkörper während des Sinterns durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, ein Bauteil aus mehreren Formkörpern dadurch herzustellen, dass während des Sinterns, also während des pulvermetallurgischen Spritzgießens, die Formkörper zu dem herzustellenden Bauteil durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. Hierdurch

wird es möglich, mithilfe des pulvermetallurgischen Spritzgießens auch Bauteile mit einer komplexen, dreidimensionalen Gestalt schnell und kostengünstig herzustellen.

5 Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die miteinander zu verbindenden Formkörper zumindest während des Sinterns an miteinander zu verbindenden Abschnitten der Formkörper in Flächenkontakt, vorzugsweise in einen form-schlüssigen Flächenkontakt gebracht, wobei während des Sinterns und während des gleichzeitig ablaufenden Diffusionsprozesses ein Druck auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren wird insbesondere zur Herstellung von Schaufeln oder Schaufelsegmenten aus mehreren Schaufeln eines Flugtriebwerks verwendet, wobei diese Schaufeln oder Schaufelsegmente aus einer Nickelbasislegierung oder auch Titanbasislegierung bestehen.

15

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung der einzelnen Verfahrensschritte beim pulvermetallurgischen Spritzgießen;

25 Fig. 2: einen Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper;

Fig. 3: einen weiteren Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper; und

30

Fig. 4: einen weiteren Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, durch pulvermetallurgisches Spritzgießen (PM). Pulvermetallurgisches Spritzgießen wird auch als Metal Injection Moulding (MIM) bezeichnet.

5

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 werden die einzelnen Verfahrensschritte des pulvermetallurgischen Spritzgießens erläutert. In einem ersten Schritt 10 wird ein Metallpulver, Hartmetallpulver oder Keramikpulver bereitgestellt. In einem zweiten Schritt 11 werden ein Bindemittel und ggf. ein Plastifizierungsmittel bereitgestellt. Das im Verfahrensschritt 10 bereitgestellte Metallpulver sowie das im Verfahrensschritt 11 bereitgestellte Bindemittel und Plastifizierungsmittel werden im Verfahrensschritt 12 gemischt, so dass sich eine homogene Masse ausbildet. Der Volumenanteil des Metallpulvers in der homogenen Masse beträgt dabei vorzugsweise zwischen 40% und 70%. Der Anteil von Bindemittel und Plastifizierungsmittel an der homogenen Masse schwankt demnach in etwa zwischen 30% und 60%.

Diese homogene Masse aus Metallpulver, Bindemittel und Plastifizierungsmittel wird im Sinne des Schritts 13 durch Spritzgießen weiterverarbeitet. Beim Spritzgießen werden Formkörper gefertigt. Diese Formkörper weisen schon alle typischen Merkmale der herzustellenden Bauteile auf. Insbesondere verfügen die Formkörper über die geometrische Form des zu fertigenden Bauteils. Sie verfügen jedoch über ein um den Bindemittelgehalt sowie Plastifizierungsmittelgehalt vergrößertes Volumen.

25

Im nachgeschalteten Schritt 14 wird das Bindemittel und das Plastifizierungsmittel aus den Formkörpern ausgetrieben. Den Verfahrensschritt 14 kann man auch als Endbinderungsprozess bezeichnen. Das Austreiben von Bindemittel und Plastifizierungsmittel kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Üblicherweise erfolgt dies durch fraktionierte, thermische Zersetzung bzw. Verdampfung. Eine weitere Möglichkeit besteht durch Heraussaugen der thermisch verflüssigten Binde- und Plastifizierungsmittel durch Kapillarkräfte, durch Sublimation oder durch Lösungsmittel.

30

Im Anschluss an den Entbinderungsprozess im Sinne des Schritts 14 werden die Formkörper im Sinne des Schritts 15 gesintert. Während des Sinterns werden die

Formkörper zu den Bauteilen mit den endgültigen, geometrischen Eigenschaften verdichtet. Während des Sinterns verkleinern sich demnach die Formkörper, wobei die Dimensionen der Formkörper in allen drei Raumrichtungen gleichmäßig schwinden müssen. Der lineare Schwund beträgt abhängig vom Bindemittelgehalt und
5 Plastifizierungsmittelgehalt zwischen 10% und 20%.

Nach dem Sintern liegt das fertige Bauteil vor, was in Fig. 1 durch den Schritt 16 dargestellt ist. Falls erforderlich, kann nach dem Sintern (Schritt 15) das Bauteil noch einem Veredelungsprozess im Sinne des Schritts 17 unterzogen werden. Der
10 Veredelungsprozess ist jedoch optional. Es kann bereits auch unmittelbar nach dem Sintern ein einbaufertiges Bauteil vorliegen.

Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, ein Bauteil mithilfe des pulvermetallurgischen Spritzgießens dadurch herzustellen, dass das Bauteil aus mehreren
15 Formkörpern gebildet wird, wobei die Formkörper während des pulvermetallurgischen Spritzgießens durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. So kann zum Beispiel das herzustellende Bauteil aus zwei Formkörpern zusammengesetzt werden, wobei die beiden Formkörper während des Sinterns durch den Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. Es ist auch möglich, eine höhere
20 Anzahl von Formkörpern zu einem Bauteil während des Sinterns miteinander zu verbinden.

Zum Verbinden der Formkörper bei der Herstellung des Bauteils werden die Formkörper an miteinander zu verbindenden Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen derselben in einen Flächenkontakt gebracht. Dies bedeutet, dass die miteinander zu verbindenden Formkörper sich an den Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen einander berühren. Auf die sich berührenden Formkörper bzw. die sich berührenden Abschnitte der Formkörper wird während des Diffusionsprozesses ein Druck ausgeübt. Der Flächenkontakt zwischen den miteinander zu verbindenden Formkörpern
25 sowie das Ausüben des Drucks auf dieselben, erfolgt zumindest während des Sinterns. Der Diffusionsprozess erfolgt demnach während des Sinters.

Es ist auch möglich, den Flächenkontakt sowie den Druck auf die sich berührenden und miteinander zu verbindenden Formkörper bereits während eines Vorsinterns

und/oder während des Entbinderungsprozesses herzustellen. Bevorzugt ist die Vorgehensweise, dass der Flächenkontakt bereits während des Entbinderungsprozesses und während des Vorsinters sowie während des eigentlichen Sinters bereitgestellt wird, der Druck jedoch lediglich während des eigentlichen Sinterns auf die Formkörper ausgeübt wird. An dieser Stelle sei der Vollständigkeit halber angemerkt, dass das Vorsintern zwischen dem Entbinderungsprozess und dem eigentlichen Sintern stattfindet, wobei beim Vorsintern noch kein merklicher Schrumpfungsprozess der miteinander zu verbindenden Formkörper stattfindet.

10 Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Formkörper in einen formschlüssigen Flächenkontakt gebracht. Dies wird anhand der Fig. 2 bis 4 nachfolgend erläutert.

So zeigt Fig. 2 zwei während des pulvermetallurgischen Spritzgießens über einen Diffusionsprozess miteinander zu verbindende Formkörper 18 und 19. Die Formkörper 18 und 19 berühren einander an Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen 20 und 21. Wie Fig. 2 entnommen werden kann, ist der Oberflächenbereich 20 des Formkörpers 18 im Querschnitt keilförmig ausgebildet. Dieser keilförmige Oberflächenbereich 20 des Formkörpers 18 greift formschlüssig in den korrespondierend ausgebildeten Oberflächenbereich 21 des Formkörpers 19 ein. Der Oberflächenbereich 21 des Formkörpers 19 bildet demnach im Querschnitt eine keilförmige Nut.

Fig. 3 zeigt eine alternative Ausgestaltung von zwei miteinander zu verbindenden Formkörpern 22 und 23. Auch beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind miteinander zu verbindende Oberflächenbereiche 24 und 25 der Formkörper 22 und 23 in formschlüssigem Kontakt. Hierzu ist am Oberflächenbereich 25 des Formkörpers 23 ein im Querschnitt trapezförmiger Vorsprung ausgebildet, der in eine entsprechend ausgebildete Ausnehmung im Oberflächenbereich 24 des Formkörpers 22 eingreift.

30 Eine weitere mögliche Ausgestaltung zweier miteinander zu verbindender Formkörper 26 und 27 zeigt Fig. 4. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind miteinander zu verbindende Oberflächenbereiche 28 und 29 der beiden Formkörper 26 und 27 wiederum in formschlüssigem Kontakt miteinander, im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 der Vorsprung bzw.

die Ausnehmung im Bereich der Abschnitte bzw. der Oberflächenbereiche 28 bzw. 29 im Querschnitt nicht trapezförmig, sondern vielmehr im Querschnitt rechteckig. Bei den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 und 3 sind die miteinander zu verbindender Formkörper 18 und 19 bzw. 22 und 23 seitlich nebeneinander angeordnet, bei Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind die Formkörper 26 und 27 übereinander positioniert.

Der Formschluss zwischen den während des Sinterns durch den Diffusionsprozess miteinander zu verbindenden Formkörpern verbessert die Maßhaltigkeit des herzustellenden Bauteils.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die miteinander zu verbindenden Formkörper im Sinne der hier vorliegenden Erfindung sowohl hinsichtlich ihrer Materialzusammensetzung und/oder hinsichtlich ihrer Schrumpfungseigenschaften identisch ausgebildet sein können, als auch diesbezüglich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können. Sind die Materialzusammensetzungen sowie die Schrumpfeigenschaften der miteinander zu verbindenden Formkörper identisch, so stellt sich während des Sinterns für die miteinander zu verbindenden Formkörper ein gleichmäßiger Schrumpfungsprozess ein.

20

Es können jedoch auch Formkörper mit unterschiedlichen Schrumpfungseigenschaften im Sinne der hier vorliegenden Erfindung über den Diffusionsprozess während des Sinterns miteinander verbunden werden. So liegt es auch im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, einen Formkörper mit einem größeren Schrumpfungsumfang während des Sinterns auf einen Formkörper mit einem kleineren Schrumpfungsumfang aufzusintern. Bei den in Fig. 2 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispielen würde dies bedeuten, dass die Formkörper 19, 22 und 26 einen größeren Schrumpfungsumfang aufweisen und damit stärker schrumpfen als die Formkörper 18, 23 bzw. 27.

Formkörper mit unterschiedlichen Schrumpfungseigenschaften können dadurch bereitgestellt werden, dass Formkörper mit unterschiedlichen Materialzusammensetzungen verwendet werden. So können zum Beispiel Formkörper verwendet werden, die aus unterschiedlichen Metallpulvern und damit unterschiedlichen Metalllegierungen gebildet sind. Sollen Formkörper aus unterschiedlichen Metallpulvern miteinander

der verbunden werden, so ist darauf zu achten, dass die Sintertemperatur bzw. Diffusionstemperatur der Metallpulver in der selben Größenordnung liegt, damit die Schrumpfung der Formkörper auch gleichzeitig erfolgt. Die Materialzusammensetzung zur Bereitstellung von Formkörpern mit unterschiedlichen Schrumpfungseigen-
5 schaften kann auch durch Variation in der Art und im Umfang des Bindemittels geändert werden. Unterschiedliche Schrumpfungseigenschaften können des weiteren bei gleicher Materialzusammensetzung dadurch erreicht werden, dass Formkörper mit gleicher Materialzusammensetzung unterschiedlich vorgesintert werden.

- 10 Eine weitere Alternative der hier vorliegenden Erfindung liegt darin, bei Verwendung von Formkörpern mit unterschiedlichem Schrumpfvverhalten das unterschiedliche Schrumpfvverhalten dadurch auszugleichen, dass vor dem eigentlichen Sintern die Formkörper durch einen vorgeschalteten Vorsinterprozess bearbeitet werden. Das unterschiedliche Schrumpfvverhalten der miteinander zu verbindenden
15 Formkörper kann so ausgeglichen werden, so dass während des eigentlichen Sinterns das Schrumpfvverhalten der Formkörper aufeinander angepasst ist.

- Nach einer anderen Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das unterschiedliche Schrumpfvverhalten dadurch ausgeglichen werden, dass die Formkörper,
20 die zum Beispiel aus unterschiedlichen Metallpulvern bestehen, sich auch hinsichtlich ihrer Bindemittel und gegebenenfalls Plastifizierungsmittel bzw. hinsichtlich ihrer prozentualen Zusammensetzung von Metallpulver, Bindemittel und gegebenenfalls Plastifizierungsmittel unterscheiden. Auch hierdurch kann dann, wenn zum Beispiel Formkörper aus unterschiedlichen Metallpulvern miteinander verbunden werden
25 sollen, das unterschiedliche Schrumpfvverhalten ausgeglichen werden. Es ist jedoch wieder darauf zu achten, dass die Sintertemperatur bzw. Diffusionstemperatur der Materialzusammensetzungen der Formkörper in der selben Größenordnung liegt, damit die Schrumpfung der Formkörper auch gleichzeitig erfolgt.

- 30 Mithilfe der hier vorliegenden Erfindung ist es möglich, während des Sinterns pulvermetallurgische Formkörper unmittelbar miteinander zu verbinden. Hierdurch werden neue Gestaltungsmöglichkeiten für pulvermetallurgisch herzustellende Bauteile geschaffen. Weiterhin entfallen die nach dem Stand der Technik erforderlichen separaten Füge- bzw. Verbindungsprozesse nach dem eigentlichen pulvermetallurgischen

Spritzgießen. Durch den Wegfall dieses nach dem Stand der Technik erforderlichen, zusätzlichen Verfahrensschritts ist die Herstellung der Bauteile schneller sowie kostengünstiger möglich.

- 5 Zur Verstärkung des Diffusionseffekts beim Sintern der miteinander zu verbindenden Formkörper können die einander berührenden Oberflächen derselben eine Beschichtung aufweisen. Diese Beschichtung bildet dann eine sogenannte Sinterhilfe, die als Folie oder als Schlickerwerkstoff bzw. Schlickerschicht auf die in Flächenkontakt zu bringenden Oberflächenbereiche der Formkörper aufgebracht werden kann. Diese
- 10 den Diffusionseffekt verstärkende Beschichtung kann auf mindestens eine der miteinander zu verbindenden Oberflächenbereiche bzw. Abschnitte oder auch auf beide oder alle miteinander zu verbindenden Abschnitte aufgebracht werden.

- 15 Zur Verstärkung des Diffusionseffekts beim Sintern kann das Sintern auch unter einer speziellen Gasatmosphäre durchgeführt werden, die den Diffusionseffekt unterstützt.

- 20 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von Bauteilen einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks. So liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, Schaufeln oder Schaufelsegmente oder Rotoren mit integraler Beschaukelung – sogenannte Blisks (Bladed Disks) oder Blings (Bladed Rings) – einer Gasturbine mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens herzustellen.
- 25 Weiterhin können Dichtungsteile, Verstellhebel, Sicherungsteile oder andere Bauteile mit einer komplexen dreidimensionalen Gestalt durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt werden. Derartige Bauteile für eine Gasturbine bestehen insbesondere aus einer Nickelbasislegierung oder Titanbasislegierung. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf die Herstellung von Bauteilen für Gasturbinen beschränkt. Es können grundsätzlich auch Bauteile für den Kraftfahrzeugbereich, den allgemeinen Maschinenbau oder sonstige Anwendungsbereiche hergestellt werden.

Bezugszeichenliste

	Schritt	10
	Schritt	11
5	Schritt	12
	Schritt	13
	Schritt	14
	Schritt	15
	Schritt	16
10	Schritt	17
	Formkörper	18
	Formkörper	19
	Oberflächenbereich	20
	Oberflächenbereich	21
15	Formkörper	22
	Formkörper	23
	Oberflächenbereich	24
	Oberflächenbereich	25
	Formkörper	26
20	Formkörper	27
	Oberflächenbereich	28
	Oberflächenbereich	29

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, durch pulvermetallurgisches Spitzgießen, wobei beim pulvermetallurgischen Spitzgießen zuerst insbesondere ein Metallpulver mit zumindest einem Bindemittel zu einer homogenen Masse vermischt wird, wobei anschließend aus der homogenen Masse durch Spritzgießen mindestens ein Formkörper gefertigt und wobei der oder jeder Formkörper darauffolgend einem Entbinderungsprozess unterzogen wird, und wobei im Anschluss durch Sintern der oder jeder Formkörper zu mindestens einem Bauteil mit gewünschten geometrischen Eigenschaften verdichtet bzw. geschrumpft wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung eines Bauteils mehrere Formkörper während des Sinterns durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu die miteinander zu verbindenden Formkörper zumindest während des Sinterns an miteinander zu verbindenden Abschnitten der Formkörper in Flächenkontakt gebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu die miteinander zu verbindenden Formkörper an den miteinander zu verbindenden Abschnitten in einen formschlüssigen Flächenkontakt gebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die miteinander zu verbindenden Formkörper während des Sinterns sowie während eines Vorsinterns und vorzugsweise während des Entbinderungsprozesses miteinander in Flächenkontakt gebracht werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Sinterns ein Druck auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck während des Sinterns und des Diffusionsprozesses auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.
- 5 7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf mindestens einen der miteinander zu verbindenden Abschnitte der Formkörper zur Unterstützung des Diffusionsprozesses eine Beschichtung aufgebracht wird.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Beschichtung als Folie oder Schlickerschicht aufgebracht wird.
- 15 9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn die miteinander zu verbindenden Formkörper ein unterschiedliches Schrumpfverhalten während des Sinterns aufweisen, der Formkörper mit dem größeren Schrumpfumfang auf den Formkörper mit dem geringeren Schrumpfumfang aufgeschrumpft wird.
- 20 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dasselbe der Herstellung von Schaufeln oder Schaufelsegmenten einer Gasturbine, insbesondere der Herstellung von Leitschaufeln, Leitschaufelsegmenten, Laufschaufeln oder Laufschaufelsegmenten eines Flugtriebwerks, oder der Herstellung von Rotoren mit integraler Beschaufelung dient.

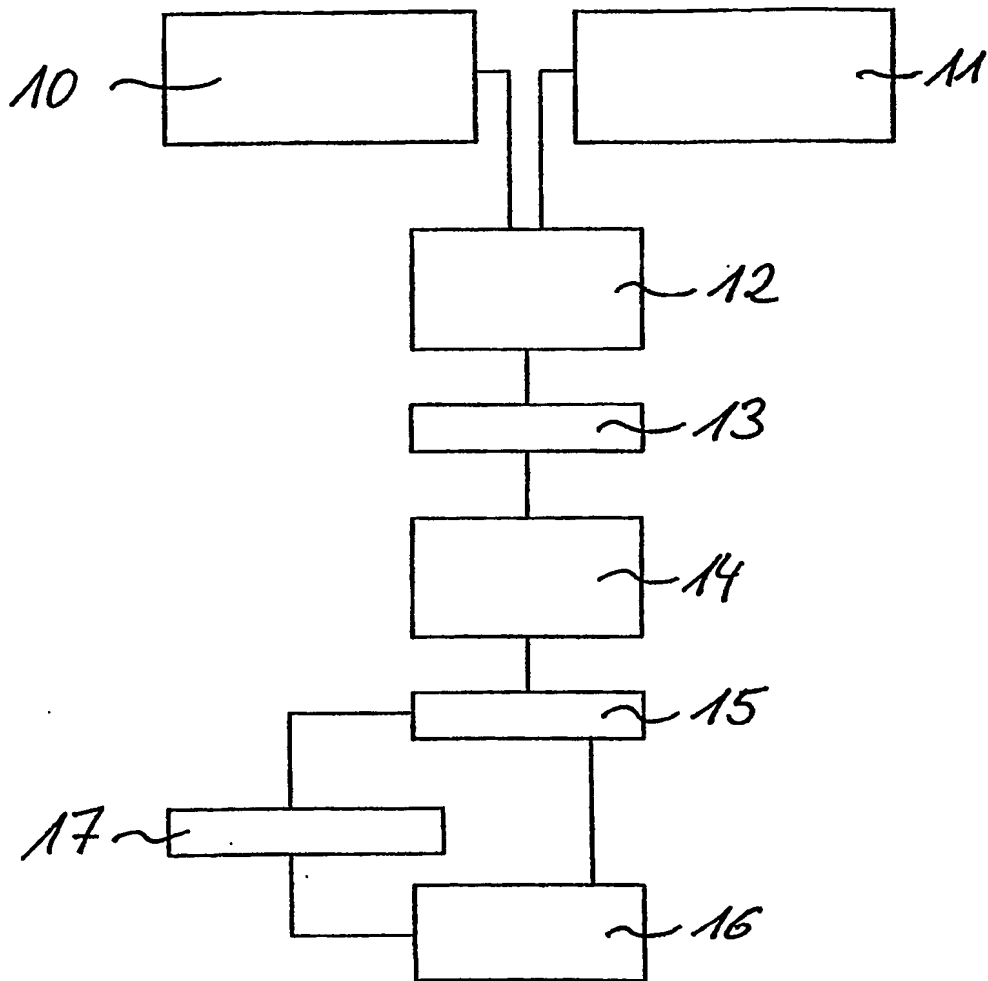


Fig. 1

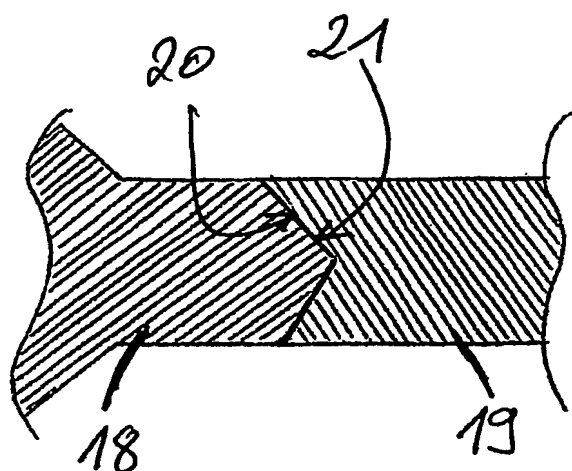


Fig. 2

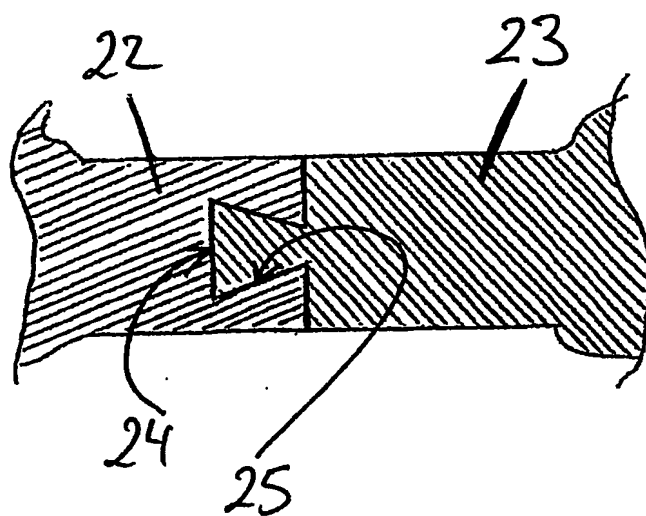


Fig. 3

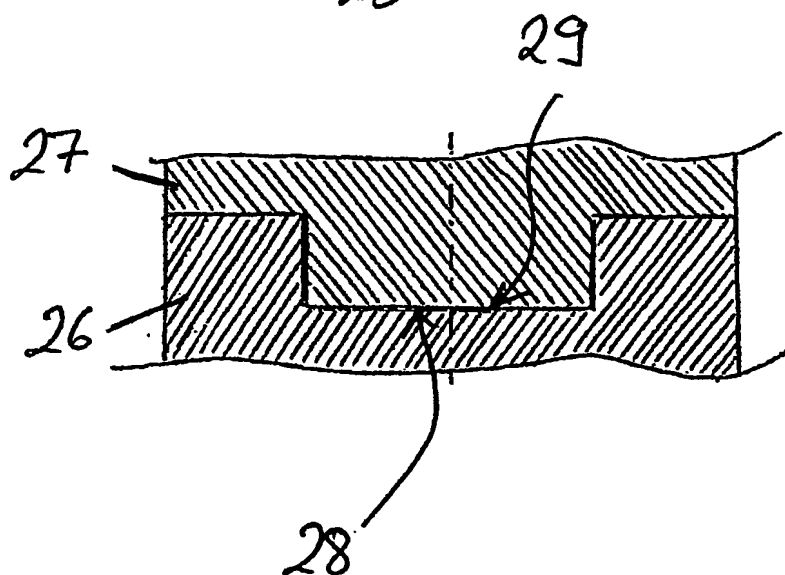


Fig. 4

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtreibwerks, durch pulvermetallurgisches Spitzgießen.

Beim pulvermetallurgischen Spitzgießen wird zuerst ein Metallpulver mit einem Bindemittel zu einer homogenen Masse vermischt, wobei anschließend aus der homogenen Masse durch Spritzgießen mindestens ein Formkörper gefertigt und wobei der oder jede Formkörper darauffolgend einem Entbinderungsprozess unterzogen wird. Im Anschluss wird durch Sintern der oder jeder Formkörper zu mindestens einem Bauteil mit gewünschten geometrischen Eigenschaften verdichtet.

Erfindungsgemäß werden zur Herstellung eines Bauteils mehrere Formkörper während des Sinterns durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden. Vorzugsweise werden die miteinander zu verbindenden Formkörper zumindest während des Sinterns an miteinander zu verbindenden Abschnitten der Formkörper in Flächenkontakt, vorzugsweise in einen formschlüssigen Flächenkontakt gebracht, wobei während des Sinterns ein Druck auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird (Fig.2).

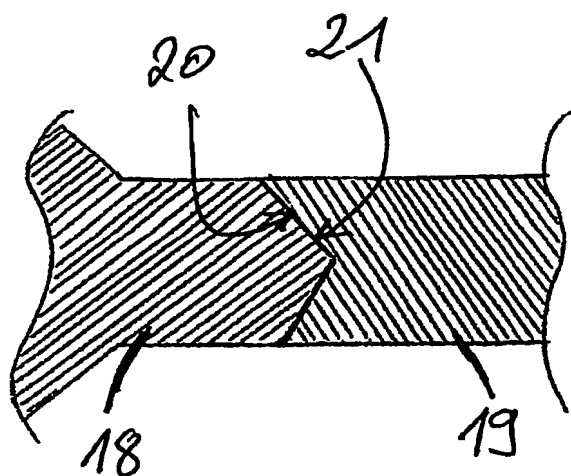


Fig. 2

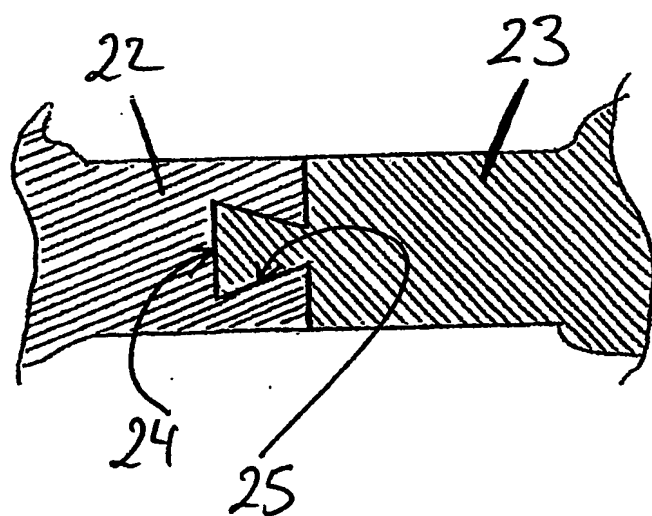


Fig. 3

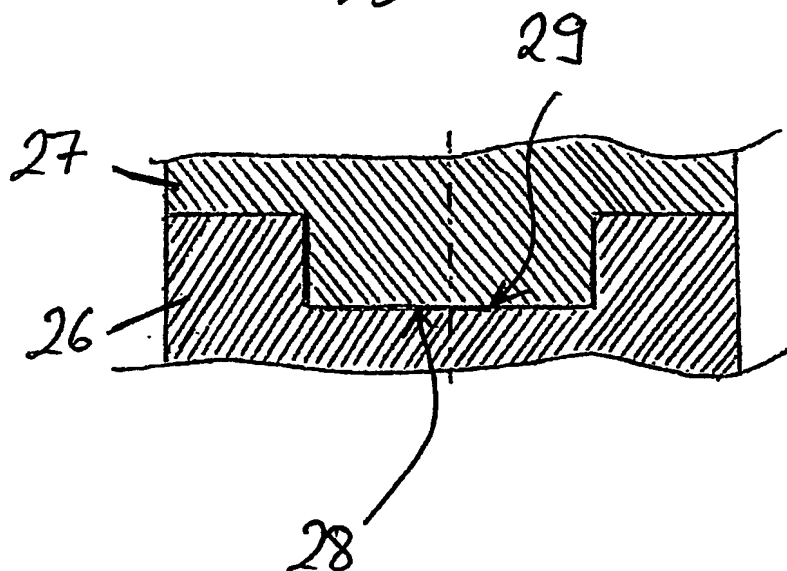


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.